

SEMICONDUCTOR LASER DEVICE

Patent Number: JP2001057462
Publication date: 2001-02-27
Inventor(s): KURONAGA KOICHI; SHIOZAWA HIDEO; TANAKA AKIRA
Applicant(s): TOSHIBA CORP
Requested Patent: ☐ JP2001057462
Application Number: JP19990231042 19990818
Priority Number(s):
IPC Classification: H01S5/323
EC Classification:
Equivalents: TW463430

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce the height of band gap discontinuity, and to improve an operating voltage and an operating current by forming an active layer with bulk structure with a specific film thickness at a first laser element, and by forming the active layer with the lamination structure of quantum well and barrier layers in a second laser element.

SOLUTION: Laser elements 40 and 41 that have wavelength 780 and 650 nm, respectively, are formed on the same n-type GaAs crystal substrate. In both the laser elements 40 and 41, second p-type cladding layers 18 and 28 are machined to projecting strip called a ridge, and both the sides are buried by a GaAs current element layer 31, thus constricting current flowing into an active layer, and generating strip-shaped gain distribution in the active layer. In this case, an active layer 14 has an undoped layer of AlGaAs with a layer thickness of 0.01 μm or more and 0.1 nm or less, namely, bulk structure, and an active layer 24 is a multi quantum well active layer being composed of the undoped well layer and a barrier layer.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-57462

(P2001-57462A)

(43) 公開日 平成13年2月27日 (2001.2.27)

(51) Int.Cl.⁷

H01S 5/323

識別記号

F I

H01S 5/323

テームコード(参考)

5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平11-231042

(22) 出願日 平成11年8月18日 (1999.8.18)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 玄永 康一

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝マイクロエレクトロニクスセンター内

(72) 発明者 塩澤 秀夫

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝マイクロエレクトロニクスセンター内

(74) 代理人 100083161

弁理士 外川 英明

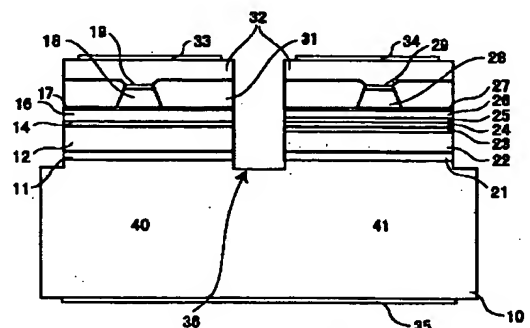
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ装置

(57) 【要約】

【課題】 クラッド層と活性層との界面で生じるバンドギャップ不連続を低減し、動作電圧、動作電流の向上を図った半導体レーザ装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 本発明における半導体レーザ装置は、結晶基板と、結晶基板上に設けられ第一の波長のレーザ光を放出する第一のレーザ素子部と、結晶基板上に設けられ第一の波長とは異なる第二波長のレーザ光を放出する第二のレーザ素子部とを有する半導体レーザ装置において、第一のレーザ素子部は、膜厚が0.01 μ m以上、0.1 μ m以下であるバルク構造の活性層を有し、第二のレーザ素子部は、量子井戸層とバリア層との積層構造からなる活性層とを有することを特徴とする。



- | | |
|-----------------|------------------|
| 10 n型GaAs基板 | 21 n型バッファ層 |
| 11 n型バッファ層 | 22 n型クラッド層 |
| 12 n型クラッド層 | 23 光ガイド層 |
| 14 活性層 | 24 活性層 |
| 16 第1のp型クラッド層 | 25 光ガイド層 |
| 17 p型エッチングストップ層 | 26 第1のp型クラッド層 |
| 18 第2のp型クラッド層 | 27 p型エッチングストップ層 |
| 19 p型通電 島層 | 28 第2のp型クラッド層 |
| | 29 p型通電 島層 |
| | 31 n型電流阻止層 |
| | 32 p型コンタクト層 |
| | 40 波長780nmのレーザ素子 |
| | 41 波長650nmのレーザ素子 |

(2)

【特許請求の範囲】

【請求項1】結晶基板と、

前記結晶基板上に設けられ第一の波長のレーザ光を放出する第一のレーザ素子部と、

前記結晶基板上に設けられ第一の波長とは異なる第二波長のレーザ光を放出する第二のレーザ素子部とを有する半導体レーザ装置において、

前記第一のレーザ素子部は、第一導電型のクラッド層と、この第一導電型のクラッド層上に設けられ、膜厚が $0.01\mu\text{m}$ 以上、 $0.1\mu\text{m}$ 以下であるバルク構造の活性層と、レーザの共振方向に沿ったリッジ状ストライプ形状の第二導電型のクラッド層と、この第二導電型のクラッド層の側面部分を覆うよう活性層上に形成された電流阻止層とを有し、

前記第二のレーザ素子部は、第一導電型のクラッド層と、この第一導電型のクラッド層上に設けられ、量子井戸層とバリア層との積層構造からなる活性層と、レーザの共振方向に沿ったリッジ状ストライプ形状の第二導電型のクラッド層と、この第二導電型のクラッド層の側面部分を覆うよう活性層上に形成された電流阻止層とを有することを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項2】前記第一のレーザ素子において、前記第一導電型のクラッド層と活性層との間に設けられ、前記第一導電型のクラッド層よりもバンドギャップが小さく、活性層よりギャップが大きい化合物半導体による第一の緩和層と、前記第二導電型のクラッド層と活性層との間に設けられ、前記第二導電型のクラッド層よりもバンドギャップが小さく、活性層よりギャップが大きい化合物半導体による第二の緩和層とを更に有することを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ装置。

【請求項3】前記第一のレーザ素子部および前記第二のレーザ素子部において、前記第二導電型のクラッド層は共に構成する元素が共通であり、かつ前記電流阻止層は共に構成する元素が共通であることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の半導体レーザ装置。

【請求項4】前記第一のレーザ素子部および前記第二のレーザ素子部における前記第二導電型のクラッド層は共に、 $\text{In}_y(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)_{1-y}\text{P}$ ($0 < x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$) からなり、前記電流阻止層は共に GaAs からなることを特徴とする請求項3に記載の半導体レーザ装置。

【請求項5】前記第一のレーザ素子部における活性層は、 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{As}$ ($0.1 \leq z \leq 1$) からなり、前記第二のレーザ素子部における活性層は、 InGaP の量子井戸層と $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-q}\text{Al}_q)_{0.5}\text{P}$ ($0 < q < 1$) のバリア層からなることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の半導体レーザ装置。

【請求項6】前記第一の波長と前記第二の波長との中間の波長に対して、光学膜厚が $\lambda/4$ あるいはその奇数倍、 $\lambda/2$ あるいはその整数倍となるいずれかの膜厚を

2

有する膜を少なくとも1層含むコーティング膜を、前記第一のレーザ素子部および前記第二のレーザ素子部の端面に形成したことを特徴とする請求項1または請求項2に記載の半導体レーザ装置。

【請求項7】結晶基板と、

前記結晶基板上に設けられ第一の波長のレーザ光を放出する第一のレーザ素子部と、

前記結晶基板上に設けられ第一の波長とは異なる第二波長のレーザ光を放出する第二のレーザ素子部とを有する半導体レーザ装置において、

前記第一のレーザ素子部は、第一導電型のクラッド層と、この第一導電型のクラッド層上に設けられ、膜厚が $0.01\mu\text{m}$ 以上、 $0.1\mu\text{m}$ 以下であるバルク構造の活性層と、この活性層上に設けられた第二導電型のクラッド層とを有し、

前記第二のレーザ素子部は、第一導電型のクラッド層と、この第一導電型のクラッド層上に設けられ、量子井戸層とバリア層との積層構造からなる活性層と、この活性層上に設けられた第二導電型のクラッド層とを有することを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項8】前記第一のレーザ素子において、前記第一導電型のクラッド層と活性層との間に設けられ、前記第一導電型のクラッド層よりもバンドギャップが小さく、活性層よりギャップが大きい化合物半導体による第一の緩和層と、前記第二導電型のクラッド層と活性層との間に設けられ、前記第二導電型のクラッド層よりもバンドギャップが小さく、活性層よりギャップが大きい化合物半導体による第二の緩和層とを更に有することを特徴とする請求項7記載の半導体レーザ装置。

【請求項9】前記第一のレーザ素子部および前記第二のレーザ素子部において、前記第二導電型のクラッド層は共に構成する元素が共通であることを特徴とする請求項7または請求項8に記載の半導体レーザ装置。

【請求項10】前記第一のレーザ素子部および前記第二のレーザ素子部における前記第二導電型のクラッド層は共に、 $\text{In}_y(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)_{1-y}\text{P}$ ($0 < x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$) からなることを特徴とする請求項9に記載の半導体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は半導体レーザ、特に異なる波長のレーザ光を一つのチップから出力する多波長半導体レーザ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】光ディスク・システムは、小型で大容量のデータを記録できるために、広く実用化されている。特に、DVD (Digital Versatile Disk) システムは、次世代のムービー、ROM、RAMなどの主流システムとして、その実用化が急速に進められている。一方、光ディスクとしては、従来からCD (compact dis

(3)

3

k) システムあるいはCD-R (compact disk-recordable) システムが広く普及しており、DVDシステムは、CDシステムとの互換性を有することが望ましい。すなわち、DVDシステムは、CDやCD-Rのディスクに対してもデータの読み取りや書き込みを実施できるようにする必要がある。これらの光ディスク・システムにおいては、ディスク上に記録された情報の読み出し・書き込みを行なうために、半導体レーザを用いた光ピックアップが用いられる。図9は、従来のDVDシステムの光ピックアップとして提案されているものの典型的な構成を表す説明図である。すなわち、同図の光ピックアップは、CDのディスクに対して互換性を有するものであり、DVD用の光集積ユニット1と、CD及びCD-R用の光集積ユニット2とを有する。DVD用の光集積ユニット1から出射される波長650nmのレーザ光はダイクロック・プリズム3を通過し、集光レンズ4、立ち上げミラー5、波長選択性絞り6、対物レンズ7を経由して光ディスク9に達する。一方、CD用の光集積ユニット2から出射される波長780nmのレーザ光は、プリズム3により反射された後、DVD用の波長650nmレーザ光とほぼ同じ光路をたどり、CDまたはCD-Rディスク8に達する。一方、ディスクからの戻り光は、前述とは逆の光路をたどって、それぞれDVD用またはCD用の集積ユニット1、2に届く。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、このような従来の光ピックアップは、波長650nmのレーザ光及び波長780nmのレーザ光を得るために2個の異なる光集積ユニットが用いられているため、構成が複雑であり、小型軽量化が困難であるという問題を有していた。また、それぞれの光源に対する微妙な位置調整を都度行う煩雑な工程が必須となり、多大な時間を要していた。このような問題を解決するため、本件出願人は、650nm及び780nmの二つの異なる波長のレーザ光を1チップから独立に出力することが可能な、二波長レーザと呼ばれる半導体レーザ装置を発明し、特願平10-181068として出願した。特願平10-181068に開示された半導体レーザ装置の一例を図10に示す。図10の半導体レーザ装置では、二つの波長の異なるレーザ光を出力するため、光軸方向に二つの活性領域を並列に配置している。また、レーザ構造として、p型InGaAlPクラッド層をリッジ型に形成し、リッジの両脇を、クラッド層のV族元素Pと異なるV族元素Asを含有するn型GaAs層で埋め込み、このn型GaAs層が電流阻止領域となつて活性層に流れる電流を狭窄すると同時に、活性層よりバンドギャップが狭いGaAs層によってリッジの両脇下部の活性層中を導波する光を吸収して、横モードを単一化するという、Selectively Buried Ridge (SBR) と呼ばれる構造を用いている。

4

【0004】詳細には、いずれのレーザ素子部100、101においても、基板124の上に、n型バッファ層102、112、n型InGaAlPクラッド層103、113、InGaAlP光ガイド層104、114、多重量子井戸活性層105、115、InGaAlP光ガイド層106、116、第1のp型InGaAlPクラッド層107、117、p型InGaPエッチングストップ層108、118、第2のp型InGaAlPクラッド層109、119、p型InGaP通電容易層110、120、n型電流阻止層123、p型GaAsコンタクト層122がこの順に積層されている。ここで、波長780nmのレーザ素子部100においては、活性層105は、Ga_{0.9}Al_{0.1}As井戸層とGa_{0.65}Al_{0.35}As障壁層との多重量子井戸構造を有する。波長650nmのレーザ素子部41においては、活性層115は、In_{0.5}Ga_{0.5}As井戸層とIn_{0.5}(Ga_{0.5}Al_{0.5})_{0.5}P障壁層との多重量子井戸構造を有する。すなわち、波長780nmの活性層105とクラッド層103、107、109では、お互いに異なるV族元素、すなわちをPとAsを含有し、かつ波長650nmの活性層41とクラッド層22、26、28ではお互いに共通なV族元素Pを含有していた。この構造によって、素子100と101のクラッド層103、107、109と113、117、119の組成と膜厚、通電容易層110、120の組成と膜厚、および電流阻止層123の組成と膜厚、コンタクト層122の組成と膜厚をすべて共通化することが可能となり、作製工程が非常に容易で、かつ制御精度の高いものとすることができるようになった。

【0005】しかしながら、これによって問題も発生していた。この問題について図11により説明する。図11は、各半導体層の組成、ドーピング濃度、層厚を考慮し、電極に順方向の電圧2.5Vを印加した場合のエネルギーバンドダイアグラム、フェルミレベルダイアグラム、および電子電流密度の分布をシミュレーションし、n型クラッド層103からp型第3クラッド層109まで積層方向に沿ってプロットしたものである。n型クラッド層は、In_{0.5}(Ga_{0.3}Al_{0.7})_{0.5}PとしてAl組成を0.7とし、ドーピング濃度は $2 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 、層厚は、ほぼ1μmである。ガイド層、バリア層の組成はアンドープのIn_{0.5}(Ga_{0.5}Al_{0.5})_{0.5}Pとした。活性層は、二重量子井戸 (Double Quantum Well: DQW) で、それぞれ層厚10nmでアンドープのAl_{0.1}Ga_{0.9}As構成されるものとした。p型クラッド層はエッチングストップ層を挟んで二つあるが、いずれも組成はn型クラッド層と同一で、ドーピング濃度は $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ とし、トータルの層厚がn型クラッド層と同一になるよう設定している。共振器長は600μmとした。

【0006】図中の伝導帯エネルギーレベルは、n型クラッド層103と接するInGaAlPガイド層104

50

(4)

5

とAlGaAs井戸層との界面で、井戸の深さに比して45%に達するような大きな突起が生じている。これはエネルギーバンドギャップが大きく異なる半導体が接している場合に生じる、バンドギャップ不連続(Bandgap discontinuity)と呼ばれる現象である。図11の場合、InGaAlPのエネルギーバンドギャップ(2eV程度)とAlGaAsのバンドギャップ(1.6eV程度)が大きく異なっていることによる。また、同様の理由により、二つのAlGaAs井戸層底部のエネルギーレベルが、井戸層の深さに比して40%程度と、著しく高さが異なっている。このため、活性層に注入された電子電流が二つの井戸層に対して均一に注入されず、いわゆる不均一注入と呼ばれる状態となっている。これらバンドギャップ不連続と不均一注入によって、電子電流の注入効率は非常に低くなる。上記の場合には活性層における電子電流密度は280A/cm²となり、レーザ発振に必要な密度とされる数百〜数千A/cm²に満たない。通常の780nm帯あるいは650nmのレーザでは2.5V程度の印加電圧があれば、数mW程度のレーザ光出力が得られており、注入効率の低さが理解できる。実際に上記構造で共振器長が400μmのレーザを試作した結果によると、レーザ発振が起こる電圧は2.7V以上となる。また、5mWの光出力が得られる電圧は2.8V以上となり、シミュレーション結果の傾向と一致した。このように高い電圧でレーザを動作させると、レーザの駆動回路の消費電力が増加することにより、各回路素子の規格が厳しくなってコスト高を招き、かつ、消費電力の増加によって発熱についての対策を行わなければならないなど、回路設計上の大きな問題が生じていた。

【0007】本発明は上記問題点に鑑みてなされたもので、クラッド層と活性層との界面で生じるバンドギャップ不連続の高さを低減し、動作電圧、動作電流の向上を図った半導体レーザを提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の半導体レーザ装置は、結晶基板と、前記結晶基板上に設けられ第一の波長のレーザ光を放出する第一のレーザ素子部と、前記結晶基板上に設けられ第一の波長とは異なる第二波長のレーザ光を放出する第二のレーザ素子部とを有する半導体レーザ装置において、前記第一のレーザ素子部は、第一導電型のクラッド層と、この第一導電型のクラッド層上に設けられ、膜厚が0.01μm以上、0.1μm以下であるバルク構造の活性層と、レーザの共振方向に沿ったリッジ状ストライプ形状の第二導電型のクラッド層と、この第二導電型のクラッド層の側面部分を覆うように活性層上に形成された電流阻止層によって電流阻止領域とし、前記第二のレーザ素子部は、第一導電型のクラッド層と、この第一導電型のクラッド層上に設けられ、量子井戸層とバリア層との積層構造からなる活性層と、レーザの共振方向に沿ったリ

6

ッジ状ストライプ形状の第二導電型のクラッド層を有し、この第二導電型のクラッド層の側面部分を覆うよう活性層上に形成された電流阻止層によって電流阻止領域とすることを特徴とする。

【0009】また、前記第一のレーザ素子において、前記第一導電型のクラッド層と活性層との間に設けられ、前記第一導電型のクラッド層よりもバンドギャップが小さく、活性層よりギャップが大きい化合物半導体による第一の緩層と、前記第二導電型のクラッド層と活性層との間に設けられ、前記第二導電型のクラッド層よりもバンドギャップが小さく、活性層よりギャップが大きい化合物半導体による第二の緩層とを更に有することを特徴とする。さらに、前記第一のレーザ素子部および前記第二のレーザ素子部において、前記第二導電型のクラッド層は共に構成する元素が共通であり、かつ前記電流阻止層は共に構成する元素が共通であることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の半導体レーザ装置。さらに、前記第一のレーザ素子部および前記第二のレーザ素子部における前記第二導電型のクラッド層は共に、 $In_y(Ga_{1-x}Al_x)_{1-y}P$ ($0 < x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$) からなり、前記電流阻止層は共にGaAsからなることを特徴とする。さらに、前記第一のレーザ素子部における活性層は、 $Al_zGa_{1-z}As$ ($0.1 \leq z \leq 1$) からなり、前記第二のレーザ素子部における活性層は、 $InGaP$ の量子井戸層と $In_{0.5}(Ga_{1-q}Al_q)_{0.5}P$ ($0 < q < 1$) のバリア層からなることを特徴とする。

【0010】さらに、前記第一の波長と前記第二の波長との中間の波長に対して、光学膜厚が $\lambda/4$ あるいはその奇数倍、 $\lambda/2$ あるいはその整数倍となるいずれかの膜厚を有する膜を少なくとも1層含むコーティング膜を、前記第一のレーザ素子部および前記第二のレーザ素子部の端面に形成したことを特徴とする。また、本発明の半導体レーザ装置は、結晶基板と、前記結晶基板上に設けられ第一の波長のレーザ光を放出する第一のレーザ素子部と、前記結晶基板上に設けられ第一の波長とは異なる第二波長のレーザ光を放出する第二のレーザ素子部とを有する半導体レーザ装置において、前記第一のレーザ素子部は、第一導電型のクラッド層と、この第一導電型のクラッド層上に設けられ、膜厚が0.01μm以上、0.1μm以下であるバルク構造の活性層と、この活性層上に設けられた第二導電型のクラッド層とを有し、前記第二のレーザ素子部は、第一導電型のクラッド層と、この第一導電型のクラッド層上に設けられ、量子井戸層とバリア層との積層構造からなる活性層と、この活性層上に設けられた第二導電型のクラッド層とを有することを特徴とする。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、図1乃至図3を参照し本発明の第一の実施例を説明する。図1は、本発明の第一の実施例に関する発振波長780nmと650nmの二波

(5)

7

長半導体レーザ素子の構造を示す、リッジストライプに対して垂直な断面図である。図中40が波長780nmのレーザ素子、41が波長650nmのレーザ素子で、同一のn型GaAs結晶基板10上に形成されている。両レーザ素子40、41それぞれ、ともに第2のp型クラッド層18、28が、リッジと呼ばれる凸状ストライプに加工され、両脇をGaAs電流阻止層31で埋め込まれている。この構造により活性層に流れ込む電流が狭窄されて活性層内にストライプ状の利得分布が発生する。また、活性層14よりバンドギャップが小さいGaAs層31によって、リッジ両脇下の活性層中を導波する光のうち第1のp型クラッド層16、26へしみだした部分が吸収されることによって、リッジ両脇下の活性層14、24に部分的な光損失が生じ、横モードが単一となる、擬似的な屈折率導波構造となる。電流狭窄と横モードの単一性によって活性層方向の拡がり角 θ_{\perp} と水平方向の拡がり角 θ_{\parallel} の比であるアスペクト比が4以下と小さく押さえられ、また室温で数mWの光出力が得られる電流が数十mAと小さくなり、擬似的な屈折率導波構造によってレーザ光の非点収差が10 μ m程度と小さくなり、CD-ROM、DVD-ROM用光ピックアップ光源に適するレーザが得られる。

【0012】詳細には、波長780nmのレーザ素子40は、n型GaAs基板10の上に、n型バッファ層11、n型InGaAlPクラッド層12、AlGaAs活性層14、第1のp型InGaAlPクラッド層16、p型InGaPエッチングストップ層17、第2のp型InGaAlPクラッド層18、p型InGaP通電容易層19、n型電流阻止層31、p型GaAsコンタクト層32がこの順に積層され構成される。n型クラッド層12は組成をIn_{0.5}(Ga_{0.3}Al_{0.7})_{0.5}Pとし、層厚は約1 μ m、シリコンをドーパントとしてドーピング濃度が $1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 以上となるようにしている。ドーパントとしてセレン(Se)を用いることも可能である。また、第1のp型クラッド層16および第2のp型クラッド層18は、In_{0.5}(Ga_{0.3}Al_{0.7})_{0.5}Pの組成とし、総層厚がn型クラッド層12とほぼ同じとし、出力されるレーザ光の上下方向の光強度分布が軸対称となり、光軸が活性層面と平行となるようにしている。ドーパントは亜鉛が用いられ、ドーピング濃度は約 $1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 以上となるようにした。また、マグネシウムやカーボンもドーパントとして用いることができる。

【0013】活性層14は層厚0.01 μ m以上0.1 μ m以下のAlGaAsのアンダー層としており、いわゆるバルク構造と呼ばれる活性層としたことが特徴となっている。次に、この構造による電流注入効率の改善を図2及び図8を参照し説明する。図2は、上記第1の実施の形態による各半導体層の組成、ドーピング濃度、層厚を考慮し、電極に順方向の電圧2.5Vを印加

8

した場合のエネルギーバンドダイアグラム、フェルミレベルダイアグラム、および電子電流密度の分布をシミュレーションし、n型クラッド層12からp型第2クラッド層18まで積層方向に沿ってプロットしたものである。n型クラッド層は、In_{0.5}(Ga_{0.3}Al_{0.7})_{0.5}PとしてAl組成を0.7とし、ドーピング濃度は $2 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 、層厚は約1 μ mとした。活性層14は層厚0.04 μ m、組成Al_{0.15}Ga_{0.85}Asのアンダー層とした。p型クラッド層はエッチングストップ層17を挟んで二つあるが、いずれも組成はn型クラッド層12と同一で、ドーピング濃度は $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ とし、トータルの層厚をn型クラッド層と同一に設定している。共振器長は600 μ mとした。

【0014】図2で示されるn型クラッド層12とAlGaAs活性層14との間に生じているバンドギャップ不連続のスパイク高さは活性層のエネルギー深さに比して25%であり、図4で示されるバンドギャップ不連続のスパイク高さが井戸のエネルギー深さに比して45%であったのに比べて大幅に低くなっている。またAlGaAs活性層14内の底部バンドレベルはきわめて平坦で、図4に示されるような不均一注入の問題はない。これら改善によって活性層に注入される電子電流密度は1.2kA/cm²となって図4の4.4倍まで増加し、レーザ発振が起こり得る値となっている。実際に共振器長400 μ mの素子の試作した結果によれば、発振に必要な印加電圧が2.4V程度、5mWの光出力を得るための電圧が2.5V程度と、印加電圧が大幅に低減し、顕著な改善効果が確認された。このバルク活性層は量子井戸効果が現れる0.01 μ m(10nm)以下の厚さとなると、従来例と同じように第1のp型クラッド層との界面で大きなバンドギャップ不連続が発生し、注入効率が低下する。また逆に0.1 μ mより厚くなると活性層中における光閉じ込め係数 Γ が大きくなりすぎて端面における信頼性上で許容され得る光パワー密度を超過し、長期的な駆動における端面劣化が発生し、信頼性上の問題があることが確認された。活性層厚は0.01 μ m以上、0.1 μ m以下とすることにより、良好な電流注入が行われ、かつ、高信頼性を有する二波長レーザが実現できる。

【0015】光ディスク用途の半導体レーザとして考える場合、発振波長も重要である。本実施例の構造において、CD-ROMの読取用光源として780nm帯の波長を得るには、Al_xGa_{1-x}Asで表される活性層のAl組成が0.1以上、0.2以下である必要がある。また、この時活性層の層厚が0.05 μ mを越えると、アスペクト比($\theta_{\perp}/\theta_{\parallel}$)が4以上となって、CD-ROM読取の光ピックアップの光源として不適当になる。このため、活性層厚は0.05 μ m以下(0.01 μ mから0.05 μ mの範囲)であることが望ましい。つまり、アスペクト比が大きすぎると、光学系との結合効

(6)

9

率が低下して、光パワーのマージンがなくなる。本実施例におけるレーザでは、 θ_{\parallel} はおおむね10度以下となっているため、 θ_{\perp} は40度以下が望ましい。 θ_{\perp} の大小は活性層での光閉じ込め係数の大小に対応し、活性層の膜厚が1 μm 以下の領域では活性層の膜厚が厚いほうが光閉じ込め係数が大きくなるため、アスペクト比を一定以下とするためには活性層膜厚が一定以下であることが望ましく、膜厚は0.05 μm 以下であることが特に望ましい。次に、レーザ素子41の構造について説明する。波長650 nmのレーザ素子41は、n型GaAs

【0016】活性層はアンドープで組成が概ねIn_{0.5}Ga_{0.5}Pとなる井戸層とアンドープのIn_{0.5}(Ga_{0.5}Al_{0.5})_{0.5}Pのバリア層とで構成される多重量子井戸活性層24とし、その上下にバリア層と同じ組成のアンドープのIn_{0.5}(Ga_{0.5}Al_{0.5})_{0.5}P光ガイド層23、25を設け、分離型閉じ込め(Separate Confinement Hetero-structure: SCH)構造とした。多重量子井戸構造により、2次元電子状態を作り出し、650 nm帯のレーザ動作を可能にしている。SCH構造によって活性層中を導波する光のパワー密度を低減して端面劣化による素子故障を防止する。さらに、井戸層はInの組成を0.5から若干小さくすることにより、GaAs基板に対して格子定数を大きくして、井戸層に圧縮歪を印加する。これによって活性層のエネルギーギャップとクラッド層のエネルギーギャップとの差をより広げることにより、電子電流、ホール電流が活性層を越えてクラッド層へ流入するいわゆるキャリアオーバーフローを低減するとともに、歪の印加によりレーザの微分利得を向上させて、発振しきい値を低減し、またスロープ効率が向上させて光ディスク用途の半導体レーザに要求される70℃以上の高温動作に耐えるレーザとすることができる。

【0017】両素子は分離溝36によって電気的に絶縁され、p型電極33、34に印加する電圧によってそれぞれ独立に駆動することができるようになっている。n側電極35は基板から共通にとることができる。以上の構造を有するウェハは、特願平10-181068によって開示された、MOCVD技術、フォトリソグラフィ技術、エッチング技術を用いて作成することができる。なお、分離溝の形成について特願平10-181068ではリアクティブイオンエッチング(RIE)を用いているが、分離溝の幅が数十 μm 以上の比較的広いも

10

のであれば、通常のウェットエッチング技術を用いることも可能である。素子が形成されたウェハは所要の共振器長を幅とするバーとしてへき開により切出し、一括コーティングを行う。650 nmの素子と780 nmの素子それぞれに対するコーティングを別工程としないことにより、生産性に優れたコーティング方法となる。コーティングには、量産性に富むECRスパッタを用いることが望ましい。バーへき開端面のうちレーザ光を外部に出射する前端面側のコーティングは、Al₂O₃を膜材とし、波長650 nmと780 nmのほぼ中間となる波長である $\lambda=715\text{ nm}$ に対して光学膜厚が $\lambda/2$ あるいはその整数倍となるよう設定する。これによって反射率が約30%となる。このとき波長650 nmの素子、波長780 nmの素子ともに反射率が28%以上となる。これによって良好なパッシベーション膜として動作するとともに、しきい値、スロープ効率が適正な値となつて、良好な高温動作が得られる。また、波長650 nmの素子と波長780 nmの素子のしきい値、スロープ効率などの特性がおおむね一致することができるので、光ピックアップを製造する際にそれぞれの駆動回路の規格、構成を同じものとするのが可能となり、顕著な省コスト効果がある。

【0018】後端面のコーティングは、波長650 nmの素子が光ディスク用途で要求される70℃の高温動作を実現するために、この波長帯で反射率が60%以上となる必要がある。また前端面の反射膜と同様に780 nmの素子と650 nm帯の素子の特性を近いものとするため、波長650 nmと780 nmのほぼ中間となる波長715 nmで反射率が63%以上となるよう設計する。膜の構造としては、Al₂O₃低屈折率膜とSi高屈折率膜を組合せた多層構造、あるいは、端面に接するAl₂O₃低屈折率膜およびその上に繰り返し積層されたSiO₂低屈折率膜、SiN高屈折率膜とを組合せた多層構造、あるいはTiO₂高屈折率膜とAl₂O₃低屈折率膜とを組合せた多層構造などで実現できる。また各膜の光学的な膜厚は、波長650 nmと780 nmのほぼ中間となる波長 $\lambda=715\text{ nm}$ に対して $\lambda/4$ あるいはその奇数倍となるよう膜厚を少なくとも1層以上について設定することによって、再現性のよい成膜を行うことができる。これらコーティングによってケース温度70℃以上で波長650 nm、波長780 nmそれぞれにおいて5 mW以上の光出力が得られる二波長レーザを再現性よく作製することができた。

【0019】以上の構造と技術によって共振器長600 μm として作製した二波長レーザの特性を図3に示す。しきい値 I_{th} 、5 mW出力時の動作電流 I_{op} 、動作電圧 V_{op} 、モニタ電流 I_m 、活性層に垂直な方向の拡がり角 θ_{\perp} 、水平な方向の拡がり角 θ_{\parallel} 、波長 λ_p など、光ディスク用途として好適な特性が得られている。また、これら素子についてケース温度70℃、光出力5 mWの条

(7)

11

件で長期の高温動作試験を行い、数千時間以上の推定寿命を有し、信頼性上問題のないことが確認できた。次に、図4、図5を参照し本発明の第二の実施例を説明する。図4は、本発明の第二の実施例に関する発振波長780nmと650nmの二波長半導体レーザ素子の構造を示す、リッジストライプに対して垂直な断面図である。50が波長780nmのレーザ素子、51が波長650nmのレーザ素子で、同一のn型GaAs半導体基板10上に形成されている。レーザ素子50、51それぞれ、ともに第2のp型クラッド層59、28が、リッジと呼ばれる凸状ストライプに加工され、両脇をGaAs電流阻止層31で埋め込まれている。この構造により活性層に流れ込む電流が狭窄されて活性層内にストライプ状の利得分布が発生する。また、活性層55よりバンドギャップが小さいGaAs層31によって、リッジ両脇下の活性層中を導波する光のうち第1のp型クラッド層57、26へしみだした部分が吸収されることによって、リッジ両脇下の活性層55、24に部分的な光損失が生じ、横モードが単一となる、擬似的な屈折率導波構造となる。電流狭窄と横モードの単一性によって活性層方向の拡がり角 θ_{\perp} と水平方向の拡がり角 θ_{\parallel} の比であるアスペクト比が4以下と小さく押さえられ、また室温で数mWの光出力が得られる電流が数十mAと小さくなり、擬似的な屈折率導波構造によってレーザ光の非点収差が10 μ m程度と小さくなり、CD-ROM、DVD-ROM用光ピックアップ光源に適するレーザが得られる。

【0020】詳細には、波長780nmのレーザ素子50は、n型GaAs基板10の上に、n型バッファ層52、n型InGaAlPクラッド層53、バンドギャップ不連続緩和層54、AlGaAs活性層55、バンドギャップ不連続緩和層56、第1のp型InGaAlPクラッド層57、p型InGaPエッチングストップ層58、第2のp型InGaAlPクラッド層59、p型InGaP通電容易層60、n型電流阻止層31、p型GaAsコンタクト層32がこの順に積層され構成される。n型クラッド層53は組成をIn_{0.5}(Ga_{0.3}Al_{0.7})_{0.5}Pとし、層厚は約1 μ m、シリコンをドーパントとしてドーピング濃度が $1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 以上となるようにしている。また、第1のp型クラッド層57および第2のp型クラッド層59は、In_{0.5}(Ga_{0.3}Al_{0.7})_{0.5}Pの組成とし、総層厚がn型クラッド層53とほぼ同じとし、出力されるレーザ光の上下方向の光強度分布が軸対称となり、光軸が活性層面と平行となるようにしている。ドーパントは亜鉛が用いられ、ドーピング濃度は約 $1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 以上となるようにした。また、マグネシウムやカーボンもドーパントとして用いることができる。

【0021】活性層55は層厚0.01 μ m以上0.1 μ m以下のAlGaAsのアンダー層とし、いわゆ

12

るバルク構造と呼ばれる活性層とし、さらにこの活性層の上下両側にクラッド層よりバンドギャップが小さく、かつ活性層よりバンドギャップが大きい、InGaAlPあるいはInGaPからなるバンドギャップ不連続緩和層を設けたことが特徴となっている。この構造による電流注入効率の改善を図5によって説明する。図5は、上述の本発明の第二の実施例による各半導体層の組成、ドーピング濃度、層厚を考慮し、電極に順方向の電圧2.5Vを印加した場合エネルギーバンドダイアグラム、フェルミレベルダイアグラム、および電子電流密度の分布をシミュレーションし、n型クラッド層53からp型第2クラッド層59まで積層方向に沿ってプロットしたものである。n型クラッド層は、In_{0.5}(Ga_{0.3}Al_{0.7})_{0.5}PとしてAl組成を0.7とし、ドーピング濃度は $2 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 、層厚は約1 μ m、活性層55は層厚0.04 μ m、組成Al_{0.15}Ga_{0.85}Asのアンダー層とした。活性層の上下両側に設けたバンドギャップ不連続緩和層54、56はそれぞれ層厚5nm、組成In_{0.5}(Ga_{0.5}Al_{0.5})_{0.5}Pのアンダー層とする。p型クラッド層57、59はエッチングストップ層58を挟んで二つあるが、いずれも組成はn型クラッド層72と同一で、ドーピング濃度は $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ とし、総層厚がn型クラッド層と同一になるよう設定している。共振器長は600 μ mとした。

【0022】図5で示されるn型クラッド層53とAlGaAs活性層55との間に生じているバンドギャップ不連続のスパイク高さは活性層の深さに比して17%であり、図2で示されるスパイクの高さは活性層の深さに比して25%であり30%ほど相対的に高さが低くなっている。この改善によって活性層に注入される電子電流密度は1.6kA/cm²となって図2の場合に比べ約40%増加し、より注入効率が高くなることにより、いっそうの動作電流と動作電圧の低減がはかれる。このバンドギャップ不連続緩和層を挿入すると、活性層近傍の光閉じ込めが増加するため、出力されるレーザ光における活性層垂直方向の拡がり角 θ_{\perp} が増加する。たとえば、上記の場合の拡がり角の増加は0.6度程度であり、問題はない。しかしながら、先に述べたように、 θ_{\perp} が大きくなりすぎてアスペクト比が大きくなりすぎると、光ディスク用途の光源としては不適当となるため、緩和層の厚さは10nm以下であることが望ましい。一方、この膜厚が1nm以下となると、再現性のよいバンドギャップ不連続低減が望めなくなる。このことから、緩和層の厚さは1nm以上、10nm以下であることが望ましい。この緩和層はクラッド層、活性層のいずれとも組成が異なっており、MOCVD結晶成長装置によっては配管系の制約から作製が難しい場合もあるが、特性の改善度合いと装置管理の再現性の勘案によって採用の可否が決まる。

【0023】活性層については第一の実施例と同様であ

(8)

13

る。すなわち、量子井戸効果が現れる $0.01\mu\text{m}$ (10nm)以下の厚さとなると、従来例と同じように第一のp型クラッド層との界面で大きなバンドギャップ不連続が発生し、注入効率が低下する。また逆に $0.1\mu\text{m}$ より厚くなると活性層中における光閉じ込め係数 Γ が大きくなりすぎて端面における信頼性上許容される光のパワー密度を超過して、長期的な駆動における端面劣化が発生し、信頼性上の問題があることが確認された。活性層厚は $0.01\mu\text{m}$ 以上、 $0.1\mu\text{m}$ 以下とすることにより、良好な電流注入が行われ、かつ、高信頼性を有する二波長レーザが実現できる。光ディスク用途の半導体レーザとして考える場合、発振波長も重要である。CD-ROMの読取用光源として 780nm 帯の波長を得るには、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ で表される活性層のAl組成が 0.1 以上、 0.2 以下である必要がある。また、この時活性層の層厚が $0.05\mu\text{m}$ を越えると、活性層に垂直な方向の拡がり角 θ_{\perp} は 40° を越えてしまい、活性層の水平方向の拡がり角 θ_{\parallel} との比であるアスペクト比が 4 を越え、CD-ROMなど光ディスク読取用の光ピックアップの光源として不適当になる。このため、活性層厚は $0.05\mu\text{m}$ 以下であることがより望ましい。

【0024】次に、レーザ素子51の構造について説明する。波長 650nm のレーザ素子51は、上述の第一の実施例と同様な構造であり、n型GaAs基板10の上に、n型バッファ層21、n型InGaAlP第1クラッド層22、InGaAlP光ガイド層23、多重量子井戸活性層24、InGaAlP光ガイド層25、第1のp型InGaAlPクラッド層26、p型InGaPエッチングストップ層27、第2のp型InGaAlPクラッド層28、p型InGaP通電容易層29、n型電流阻止層31、p型GaAsコンタクト層32がこの順に積層され構成される。活性層はアンドープで組成がおおむね $\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{P}$ となる井戸層とアンドープの $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.5})_{0.5}\text{P}$ のバリア層とで構成される多重量子井戸活性層24とし、その上下にバリア層と同じ組成のアンドープの $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.5})_{0.5}\text{P}$ 光ガイド層23、25を設け、分離型閉じ込め構造である。両素子は分離溝36によって電気的に絶縁され、p型電極33、34に印加する電圧によってそれぞれ独立に駆動することができるようにしている。n側電極35は基板から共通にとることができる。

【0025】以上の構造を有するウェハは、特願平10-181068によって開示された、MOCVD技術、フォトリソグラフィ技術、エッチング技術を用いて作製することができる。なお、分離溝の形成についてはリアクティブイオンエッチング(RIE)を用いているが、分離溝の幅が数十 μm 以上の比較的広いものであれば、通常のウェットエッチング技術を用いることも可能である。レーザ素子が形成されたウェハは所要の共振器長を幅とするバーとしてへき開により切出し、一括コー

14

ティングを行う。端面のコーティングに関しては、第一の実施例において記載したものと同様の構造が適用できる。すなわち、レーザ光を外部に出射する前端面側のコーティングは、 Al_2O_3 を膜材とし、波長 650nm と 780nm のほぼ中間となる波長 $\lambda=715\text{nm}$ に対して光学膜厚が $\lambda/2$ あるいはその整数倍となるよう設定する。これによって反射率が約 30% となる。後端面のコーティングは、波長 650nm と 780nm のほぼ中間となる波長 715nm で反射率が 63% 以上となるよう設計する。膜の構造としては、 Al_2O_3 低屈折率膜とSi高屈折率膜を組合せた多層構造、あるいは、端面に接する Al_2O_3 低屈折率膜およびその上に繰り返し積層された SiO_2 低屈折率膜、SiN高屈折率膜とを組合せた多層構造、他に TiO_2 高屈折率膜と Al_2O_3 低屈折率膜とを組合せた多層構造などで実現できる。各膜の光学的な膜厚は、波長 650nm と 780nm のほぼ中間となる波長 $\lambda=715\text{nm}$ に対して $\lambda/4$ あるいはその奇数倍となるよう膜厚を少なくとも1層以上について設定することによって、再現性のよい成膜を行うことができる。これらコーティングによってケース温度 70°C 以上で波長 650nm 、波長 780nm それぞれにおいて 5mW 以上の光出力が得られる二波長レーザを再現性よく作製することができた。

【0026】図6、図7は本発明の第三の実施例を示すもので、本願をTAPS(TAPERedStripe)と呼ばれる利得導波型構造に本願を適用したもので、図6は半導体レーザ装置チップの断面図、図7半導体レーザ装置チップの上面図を示すものである。n-GaAs結晶基板224の上に波長 780nm のレーザ素子200、波長 650nm のレーザ素子201が形成されている。結晶基板224上には、レーザ素子200、201に対応してn型バッファ層211、221が形成され、それらの上には、お互いに同一の組成を有するn型InGaAlPクラッド層212、222が形成されている。n型InGaAlPクラッド層212、222の上には、それぞれ層厚 $0.01\sim 0.1\mu\text{m}$ のAlGaAsバルク活性層214、ガイド層223、225には含まれた 650nm のMQW活性層224が形成されている。これら層の上に、お互いに共通の元素で構成されるp型InGaAlPクラッド層216、226、p型GaAsコンタクト層232が形成されている。このような構造とすることにより、前述の第一の実施例同様に、動作電圧および動作電流も小さく、かつ生産性に優れた多波長のレーザ光を出力する半導体レーザ装置が実現できる。さらに、波長 780nm レーザ素子における活性層の層厚を $0.01\sim 0.1\mu\text{m}$ にすることにより良好な電流注入が行なわれ、かつ高い信頼性を有する二波長レーザが実現できる。

【0027】本実施例の構造において、CD-ROMの読取用光源として 780nm 帯の波長を得るには、Al

(9)

15

$x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ で表される活性層のAl組成が0.1以上、0.2以下である必要がある。また、この時活性層の層厚が $0.05\mu\text{m}$ を越えると、アスペクト比($\theta_{\perp}/\theta_{\parallel}$)が4以上となる。このため、活性層厚は $0.05\mu\text{m}$ 以下($0.01\mu\text{m}$ から $0.05\mu\text{m}$ の範囲)であることが更に望ましい。また、n型クラッド層212とn型クラッド層222を共通の元素で構成し、p型クラッド層216とp型クラッド層226を共通の元素で構成することにより、MOCVD方法で結晶成長を行う場合、共通のプロセスガス組成、成長条件を使用することが可能となる。そして、それぞれ別の元素で構成されるクラッド層、たとえば波長 780nm レーザ素子のクラッド層をAlGaAs層で、波長 680nm 素子のクラッド層をInGaAlPで構成した場合に比べると条件の再現性が格段に高く、量産に適した構造となる。結晶基板224の裏面にはn側電極225が形成されている。また、p型コンタクト層232の上には、p側オーミック電極235が形成されている。さらにそれぞれについてストライプ状のメタルマスク236、237を形成している。このメタルマスクは、図7に示すように、チップ中央におけるストライプ幅 w_2 、 w_4 に比べ、チップ端面における幅 w_1 、 w_3 が狭いテーパ状の形状となっている。このメタルマスクを使用してイオン注入を行って、ストライプ外を活性層214、224の直上まで半絶縁化する。これによって、電流阻止領域232が形成される。この電流阻止領域によって、チップに電圧を印加した場合の注入電流の電流流線は、チップ中央部で幅が広く、端面近傍で幅が狭くなる。チップ中央で幅が広いことにより利得導波型レーザに特有な現象である光の等位相面の曲がりがいくぶん緩和され、単峰性の横モードが得られる。また、端面近傍で幅を狭くすることにより、 θ_{\parallel} を広げてアスペクト比を通常の利得導波型レーザより改善できる。

【0028】このようなTAPS構造は縦多モード発振であるため、高周波重畳を行わなくとも、光ディスクからの戻り光が存在しても、ある一定レベルの雑音レベルを維持することができる。この雑音レベルはSBR構造レーザにおいて高周波重畳を加えた場合に比べると劣るが、一般のDVD-ROMほど雑音特性の規格が厳しくない特殊用途の光ディスクでは問題ない。また、非点収差が $20\sim 30\mu\text{m}$ とSBR構造のレーザよりも劣るが、ガラスキャップを斜めにすることにより、ある程度は解決可能である。このようにTAPS構造はいくつかの欠点はあるものの、構造が単純で比較的安価に製造できることから、低価格性を最優先した二波長光ディスクシステムには適した構造といえる。図8は本発明の第四の実施例に係わる半導体レーザ装置の断面図である。本実施例における半導体レーザ装置は、図6に示した第三の実施例の構造とほぼ同じ構造である。結晶基板224上には、レーザ素子300、301に対応してn型パッ

16

ファ層311、321が形成され、それらの上には、お互いに同一の組成を有するn型InGaAlPクラッド層312、322が形成されている。n型InGaAlPクラッド層312、322の上には、それぞれ層厚 $0.01\sim 0.1\mu\text{m}$ のAlGaAsバルク活性層314、ガイド層323、325には含まれた 650nm のMQW活性層324が形成されている。これら層の上に、お互いに共通の元素で構成されるp型InGaAlPクラッド層316、326、p型GaAsコンタクト層332が形成されている。本実施例では、更に、波長 780nm のレーザ素子300における活性層314の上下両側にInGaAlPのバンドギャップ不連続緩和層313、315を挿入したもので、より低い動作電圧が得られる構造である。

【0029】

【発明の効果】本発明により、単一横モードで、非点収差が小さく、動作電圧および動作電流も小さく、かつ生産性に優れた多波長のレーザ光を出力する半導体レーザ装置が実現できる。また、CD-ROMとDVD-ROMなど異なる波長を使用する光ディスクドライブ用光源として好適な半導体レーザ装置が実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第一の実施例の半導体レーザ装置における、リッジストライプに対して垂直な断面図である。

【図2】本発明の第一の実施例の半導体レーザ装置について、バンドダイアグラムと電子電流密度分布をシミュレーションした結果を示す説明図である。

【図3】本発明の第一の実施例の半導体レーザ装置における、各特性を示す説明図である。

【図4】本発明の第二の実施例の半導体レーザ装置における、リッジストライプに対して垂直な断面図である。

【図5】本発明の第二の実施例の半導体レーザ装置について、バンドダイアグラムと電子電流密度分布をシミュレーションした結果を示す説明図である。

【図6】本発明の第三の実施例に係わる半導体レーザ装置の断面図である。

【図7】本発明の第三の実施例に係わる半導体レーザ装置の上面図である。

【図8】本発明の第四の実施例に係わる半導体レーザ装置の断面図である。

【図9】従来のDVDシステムの光ピックアップとして提案されているものの典型的な構成を表す説明図である。

【図10】関連技術による二波長半導体レーザ装置の、リッジストライプに対して垂直な断面図である。

【図11】関連技術による二波長半導体レーザ装置について、バンドダイアグラムと電子電流密度分布をシミュレーションした結果を示す説明図である。

【符号の説明】

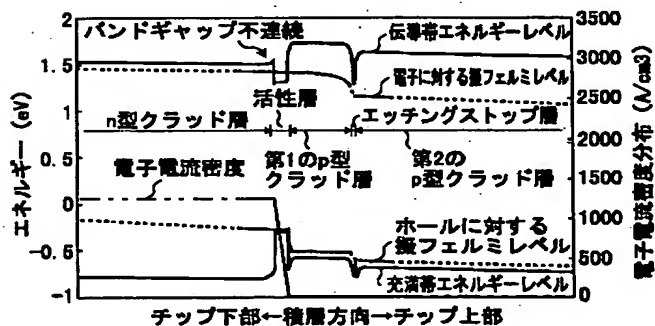
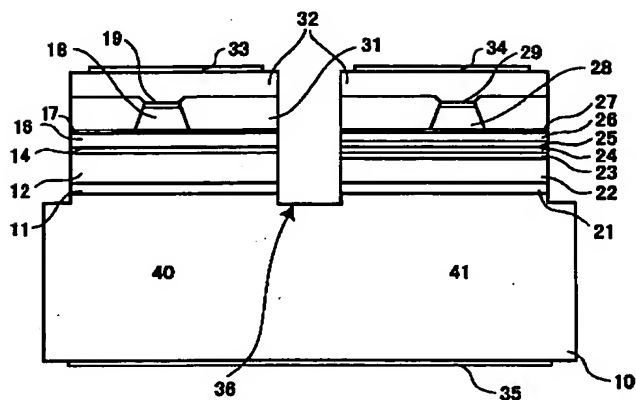
10 n型GaA

18

1 1	n型バッファ層
1 2	n型クラッド層
1 4	活性層
1 6	第1のp型クラッド層
1 7	p型エッチングストップ層
1 8	第2のp型クラッド層
1 9	p型通電容易層
2 1	n型バッファ層
2 2	n型クラッド層
2 3	光ガイド層

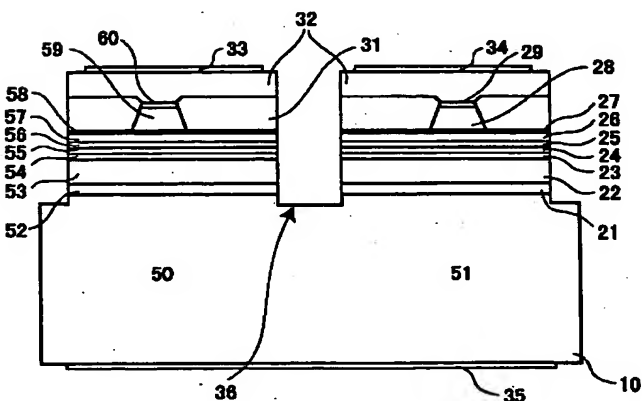
- 2 4 活性層
- 2 5 光ガイド層
- 2 6 第1のp型クラッド層
- 2 7 p型エッチングストップ層
- 2 8 第2のp型クラッド層
- 2 9 p型通電容易層
- 3 1 n型電流阻止層
- 3 2 p型コンタクト層
- 4 0 波長780nmのレーザ素子
- 10 4 1 波長650nmのレーザ素子

【图2】



【図 4】

10	n型GaAs基板	21	n型バッファ層
11	n型バッファ層	22	n型クラッド層
12	n型クラッド層	23	光ガイド層
14	活性層	24	活性層
16	第1のp型クラッド層	25	光ガイド層
17	p型エッチングストップ層	26	第1のp型クラッド層
18	第2のp型クラッド層	27	p型エッチングストップ層
19	p型通電容易層	28	第2のp型クラッド層
		29	p型通電容易層
		31	n型電流阻止層
		32	p型コンタクト層
		40	波長780nmのレーザ素子
		41	波長650nmのレーザ素子

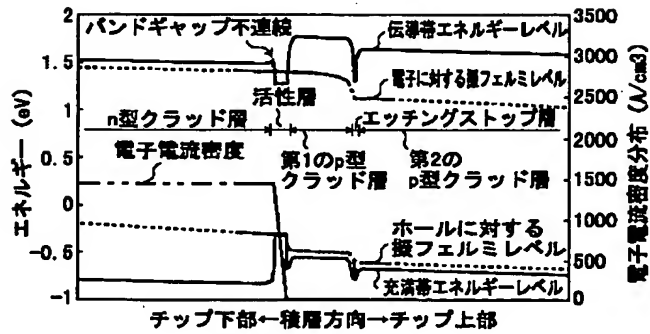


【图 3】

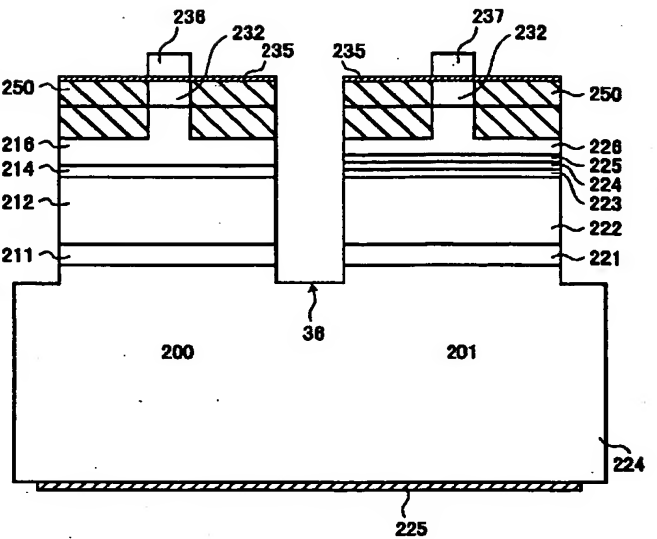
	I _{th} (mA)	I _p (mA)	V _{op} (V)	I _m (mA)	θ _⊥ (度)	θ _∥ (度)	λ _p (nm)
650nm素子	42	50.8	2.22	0.16	7.7	25	657
780nm素子	38	51.3	2.13	0.17	9.2	31	789

(11)

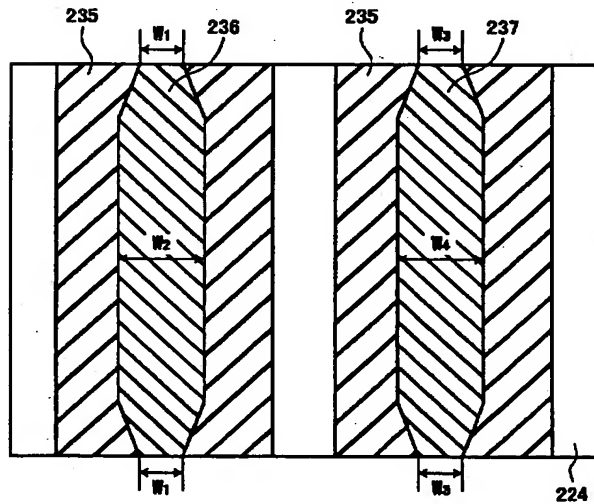
【図5】



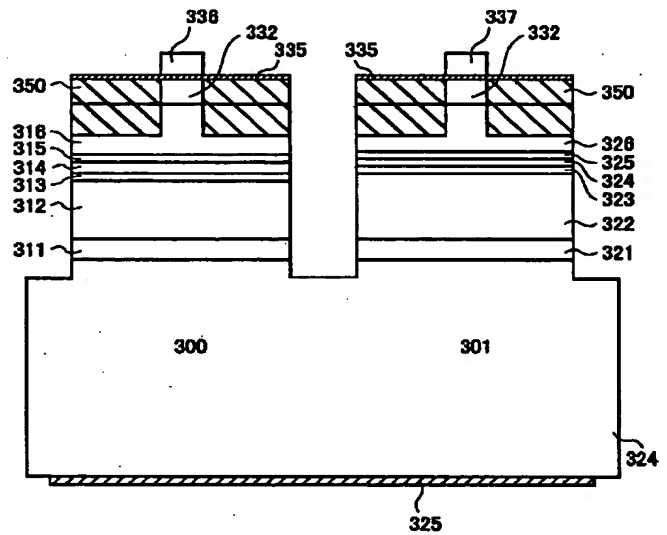
【図6】



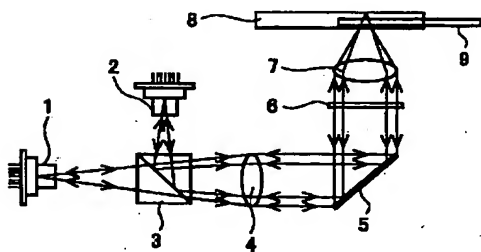
【図7】



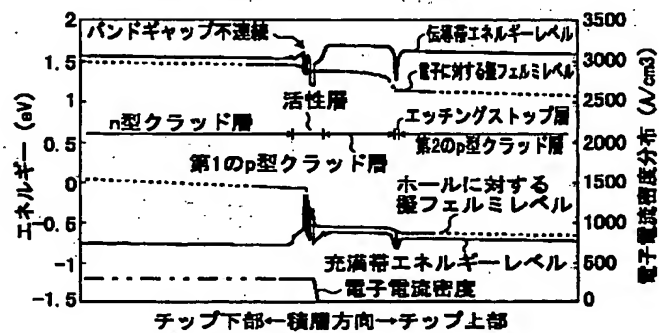
【図8】



【図9】

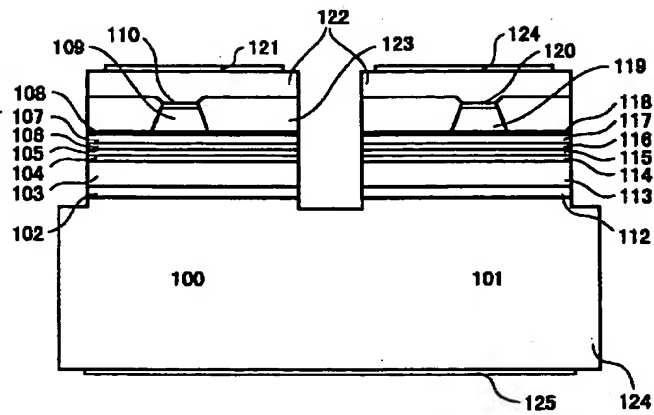


【図11】



(12)

【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 田中 明
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝マイクロエレクトロニクスセン
ター内

Fターム(参考) 5F073 AA07 AA13 AA74 AA83 AB06
BA05 CA05 CA14